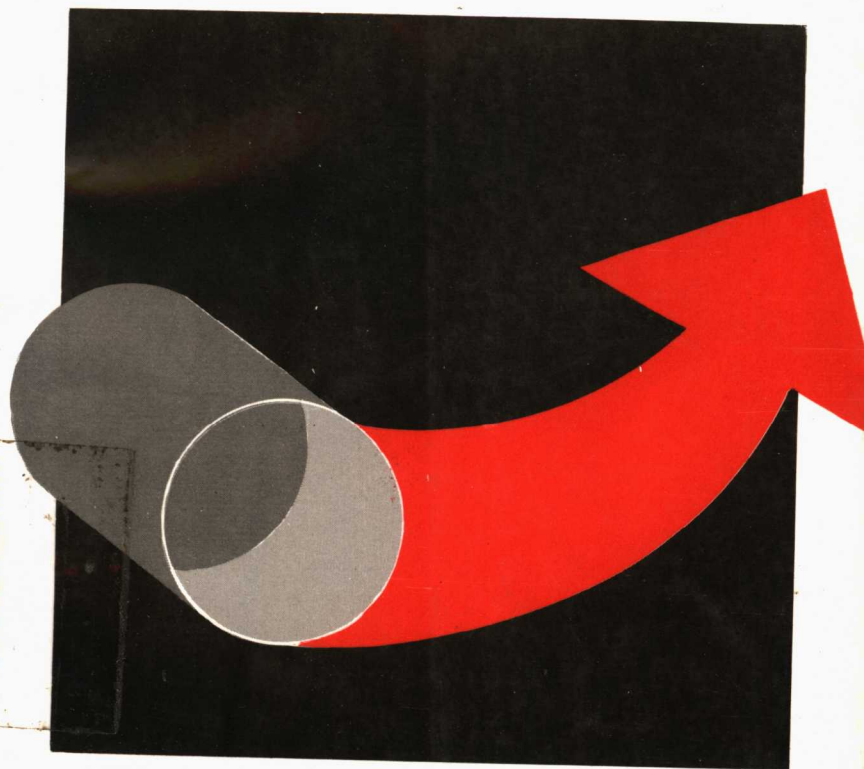


焊工培训指南

● 锅炉压力容器的焊接

(第2版)

抚顺市锅炉压力容器检验研究所 编



机械工业出版社

焊工培训指南

——锅炉压力容器的焊接——

(第2版)

抚顺市锅炉压力容器检验研究所 编

刘廷贵 主编



机械工业出版社

本书是在1986年版基础上,结合最新技术标准,焊工考试规则、规程及有关质量监督检验要求修订的。基本保持原结构外,还在内容上作了部分调整和增删,修订后为十三章。书中对锅炉压力容器基础知识及其常用金属材料、焊接材料、设备、焊接冶金与接头性能等作了一般介绍;并对锅炉压力容器制造、安装过程质量控制、焊接方法、工艺及其材料的焊接、安全技术作了重点论述;同时还对焊接常见缺陷、各种检验方法、焊接应力与变形以及防止措施等作了较详细叙述。

为与焊工理论培训配套,本书可与已出版的《单面焊双面成形操作技术》一书一并使用。

本书可用作焊工培训、考试取证教材,亦可供焊工、初、中级焊接技术人员以及从事锅炉压力容器制造、质量管理、检验、安全生产技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

焊工培训指南, 锅炉压力容器的焊接/抚顺市锅炉压力容器
检验研究所编. —2版. —北京:机械工业出版社, (1995.8重印)

ISBN 7-111-04662-5

I. 焊… II. 刘… III. 锅炉-压力容器-焊接-指南
IV. TG457. 5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 00666 号

出版人: 马九荣 (北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)
责任编辑: 俞逢英 版式设计: 王颖 责任校对: 肖新民
封面设计: 姚毅 责任印制: 卢子祥

北京交通印务实业公司印刷·新华书店北京发行所发行

1995年9月第2版第7次印刷

787mm×1092mm¹/₃₂·17.75印张·387千字

73 721—79 720册

定价: 18.00元

前 言

锅炉及压力容器是广泛使用的具有爆炸危险的承压设备。锅炉、压力容器的制造质量（主要是焊接质量），对于设备的安全运行起着决定性的作用。

为提高锅炉、压力容器的制造质量，提高焊工的技术素质，适应各地培训焊工的需要，根据《锅炉压力容器焊工考试规则》中关于理论考试的要求，我们结合有关规程、标准、技术条件等编写了这本《焊工培训指南——锅炉压力容器的焊接》一书。该书可作为焊工培训教材，亦可供初、中级技术人员、质量管理与检验人员学习参考之用。

本书由抚顺市锅炉压力容器检验研究所刘廷贵同志主编。其中第三章由抚顺市机械厂苏文彪同志编写，第四章由抚顺市容器厂孟昭坤同志编写，第十章由抚顺石油学院丁启敏同志与刘廷贵同志合写，第十一章由抚顺石油学院代国兴同志编写，其余各章由刘廷贵同志编写，全书由沈阳工业大学顾玉熹和上海机电工程技术大学顾曾迪同志审稿。

在编写过程中，曾得到沈阳工业大学王永明、何世海同志，抚顺市金属结构厂张敦怡同志等的大力帮助，得到抚顺市劳动局、锅炉压力容器检验所有关领导的支持，并提出了许多宝贵意见，在此表示感谢。

由于水平有限，书中漏误之处请批评指正。

编 者

1985年6月

第 2 版 说 明

本书自 1986 年出版以来,深受广大读者欢迎,并越来越多地被各地焊工考试委员会指定为培训教材,编者深感欣慰。在此谨向热情关心本书的焊接界的专家、同仁和广大读者致意。

近年来,随着焊接技术的不断发展,国家又相继颁布、实施了新的焊接技术标准及其他专业标准,锅炉压力容器的许多国家标准、规程及焊工考试规则也相应进行了修订和更新。鉴于此,有必要结合最新标准、规程及有关质量监督检验要求对本书进行适当的修订,以适应焊工培训、考试取证的需要,更好地为加强锅炉压力容器制造、安装过程的质量控制,实现质量保证体系的良好运行服务。这次修订后本书整体结构基本不变。分十三章,内容有所增删。我们相信,修订后的《焊工培训指南——锅炉压力容器的焊接》一书,将是较理想的培训、考试教材。本书可与已出版的实际操作技能培训教材——《单面焊双面成形操作技术》一书配套使用。

本书修订过程中承蒙辽宁省焊接学会、抚顺市机械工程学学会焊接学会以及许多关心本书的同志大力协助,提出很多宝贵意见,任大成、胡凯华、张玉鑑、张敦怡、李国明、韩国忠、张连生等同志对修订稿进行了审阅,在此表示感谢。

参加本书第 1 版编写的有:刘廷贵、苏文彪、代国兴、孟昭坤、丁启敏。由刘廷贵任主编。参加第 1 版审稿的有:顾曾迪、顾钰熹教授。参加第 2 版编写的有:刘廷贵、王永明、何世海、刘宝新、周玉林、鲁显礼、常恒奎、徐崑。由刘廷

贵任主编。参加第2版审稿的有：薛崇貌、顾钰熹教授。

由于编写者水平有限，挂一漏万在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1994. 12

目 录

前言

第2版说明

第一章 锅炉压力容器基础知识	1
第一节 锅炉基础知识	1
一、锅炉的结构	1
二、锅炉的分类	6
三、锅炉的基本参数	6
四、锅炉的规格型号	8
第二节 压力容器基础知识	12
一、压力容器的分类	13
二、压力容器的结构	15
第三节 锅炉压力的安全	20
一、锅炉压力的爆炸事故	20
二、锅炉压力的安全监察	21
第二章 锅炉压力容器用金属材料	24
第一节 金属学的基本知识	24
一、金属的晶体结构	24
二、金属的结晶	27
三、合金的相结构	29
四、铁碳合金相图	31
五、钢的组织	34
六、钢的热处理	37
第二节 钢的分类及编号	38
一、钢的分类	38

二、钢的编号	40
三、外国钢材的编号	48
第三节 有色金属材料	55
一、铝及铝合金	55
二、铜及铜合金	61
三、镍及镍合金	63
四、钛及钛合金	65
第四节 金属材料的力学性能	66
一、强度	67
二、塑性	68
三、硬度	70
四、韧性	72
第五节 锅炉压力容器常用钢材	73
一、锅炉用钢	73
二、压力容器用钢	75
第三章 焊接方法与工艺	78
第一节 焊接的实质及分类	78
一、焊接的物理实质	78
二、焊接方法的分类	79
三、熔焊过程的分析	80
第二节 焊接热源和热循环	83
一、焊接电弧	83
二、焊接热循环	89
三、焊接线能量	91
第三节 手工电弧焊	92
一、手工电弧焊工艺	92
二、锅炉压力容器手工电弧焊工艺守则	103
第四节 埋弧焊	107
一、埋弧焊焊接材料	107

二、埋弧焊工艺参数	109
三、埋弧焊技术	113
四、锅炉压力容器埋弧焊工艺守则	119
第五节 手工钨极氩弧焊	121
一、手工钨极氩弧焊工艺参数	121
二、手工钨极氩弧焊操作技术	124
第六节 CO_2 气体保护电弧焊	130
一、 CO_2 气体保护焊的熔滴过渡形式	131
二、 CO_2 气体保护焊工艺	132
第七节 气焊	141
一、氧乙炔焰的性质	141
二、气焊的特点	142
三、气焊焊接材料	143
四、气焊工艺	144
第四章 弧焊设备	151
第一节 弧焊电源基础知识	151
一、电弧的静特性	151
二、对弧焊电源的基本要求	152
三、弧焊电源型号编制	157
四、弧焊电源的技术特性	158
第二节 弧焊变压器	159
一、同体串联电抗器式弧焊变压器	159
二、动铁式弧焊变压器	160
三、动圈式弧焊变压器	161
四、晶闸管式交流弧焊电源	162
五、弧焊变压器的使用与维护	167
第三节 直流弧焊发电机	167
一、直流弧焊发电机基本原理及其分类	169
二、差复励式弧焊发电机	169

三、裂极式弧焊发电机	170
四、直流弧焊发电机的使用与维护	170
第四节 弧焊整流器	172
一、动圈式弧焊整流器	173
二、磁放大器式硅弧焊整流器	174
三、晶闸管式弧焊整流器	179
四、弧焊整流器的使用与维护	182
第五节 埋弧焊机	183
一、MZ1-1000 型埋弧焊机	183
二、MZ-1000 型埋弧焊机	185
三、MZ-1-1000 型埋弧焊机	187
四、埋弧焊机的常见故障及排除	189
第六节 手工钨极氩弧焊设备	190
一、手工钨极氩弧焊设备的组成	190
二、手工钨极氩弧焊机常见故障及其排除	193
第七节 CO ₂ 气体保护焊设备	194
一、CO ₂ 气体保护焊机的组成	194
二、CO ₂ 气体保护焊机常见故障及其排除	197
第八节 气焊、气割设备	199
一、氧气瓶与减压器	199
二、乙炔发生器与乙炔瓶	199
三、回火防止器	199
四、焊、割炬	200
第九节 空气等离子弧切割设备	200
一、空气等离子弧切割原理	200
二、空气等离子弧切割设备	201
三、空气等离子弧切割机常见故障及其排除	204
第五章 焊接材料	210
第一节 焊条	210

一、焊条的组成	210
二、焊条的分类	216
三、焊条的牌号与型号	217
第二节 焊剂	226
一、焊剂的分类	227
二、焊剂的牌号和型号	230
三、焊剂的性能及用途	235
第三节 焊丝	238
一、实芯焊丝	239
二、药芯焊丝	243
三、自保护焊丝	249
第四节 焊接用气体、熔剂与电极	249
一、焊接用气体	249
二、气焊熔剂	252
三、钨极	253
第五节 锅炉压力容器用焊接材料	254
一、锅炉用焊接材料	254
二、压力容器用焊接材料	254
第六章 焊接接头与焊缝	256
第一节 焊接接头形式和坡口	256
一、焊接接头的形式	256
二、焊接坡口	259
第二节 焊缝与焊缝符号	262
一、焊缝类型	262
二、焊缝符号与焊接方法代号	263
第七章 焊接冶金与接头性能	298
第一节 焊接冶金基础	299
一、焊接冶金反应区	300
二、气相与焊缝金属的作用	300

三、熔渣与金属的作用	305
第二节 焊缝的性能	308
一、焊接熔池一次结晶组织	308
二、焊缝金属的二次结晶	311
第三节 热影响区的组织与性能	313
一、焊接热影响区及其组织分布	313
二、焊接热影响区的性能	316
第四节 影响接头性能因素及其控制	319
一、焊接材料的影响	319
二、焊接方法和工艺的影响	319
三、线能量及工艺参数的影响	320
四、焊接操作方法的影响	321
五、焊后热处理的影响	322
第八章 锅炉压力容器金属材料的焊接	330
第一节 金属焊接性及其评定	330
一、焊接性基本概念	330
二、焊接性试验方法	331
第二节 锅炉压力容器钢材的焊接	340
一、低碳钢的焊接	340
二、低合金高强钢的焊接	341
三、珠光体耐热钢的焊接	348
四、不锈钢的焊接	351
五、低温钢的焊接	359
第三节 有色金属材料的焊接	362
一、铝及铝合金的焊接	363
二、铜及铜合金的焊接	367
三、钛及钛合金的焊接	375
第九章 焊接应力与变形	382
第一节 应力与变形概述	382

一、应力的基本概念	382
二、变形的基本概念	384
三、焊接变形和应力的产生	385
第二节 焊接应力	387
一、焊接应力的分类	387
二、焊接残余应力的分布	390
三、焊接应力的危害性	394
四、焊接应力的防止和消除	396
第三节 焊接变形	401
一、焊接变形的分类	401
二、焊接变形的形成与变形量的估算	401
三、焊接变形的危害性	406
四、影响焊接变形的因素	407
五、焊接变形的防止和矫正	408
第十章 焊接缺陷	415
第一节 焊缝缺陷的分类	415
一、焊缝缺陷分类及其性质	415
二、焊缝缺陷分类及其标记	415
第二节 焊缝缺陷形成及其防止	427
一、裂纹	427
二、未焊透和未熔合	435
三、夹渣	436
四、气孔	437
五、形状缺陷	438
第三节 焊接缺陷的危害性及返修	441
一、焊接缺陷的危害性	441
二、焊接缺陷的返修	442
第十一章 焊接质量检验	445
第一节 焊接接头质量检验方法	446

一、外观检验	446
二、焊接接头的无损探伤检验	446
三、焊接接头的化学成分和性能鉴定	447
第二节 无损探伤	454
一、磁粉探伤	454
二、渗透探伤	455
三、射线探伤	457
四、超声探伤	464
第十二章 锅炉压力容器的制造	468
第一节 锅炉压力容器焊接工艺评定	468
一、焊接工艺评定	468
二、焊接工艺规程	473
第二节 压力容器的制造	474
一、单层卷焊式压力容器的制造	474
二、多层压力容器的制造	493
三、球形容器的制造	495
第三节 锅炉的制造	505
一、锅筒的制造	506
二、管件的制造、加工	511
三、焊后检验	512
第十三章 焊接安全技术	514
第一节 焊接安全用电	514
一、电焊操作中的不安全因素	514
二、电流对人体的伤害	516
三、预防触电的安全措施	517
四、触电急救	520
第二节 防火、防爆基本知识	521
一、燃烧	521
二、爆炸	523

三、焊接施工现场发生爆炸的可能性	524
四、防火、防爆措施	524
第三节 气焊与气割安全	525
一、电石和乙炔的特性	525
二、气焊设备的安全	527
第四节 特殊危险环境的焊接安全	531
一、罐内作业和燃料容器的焊接安全	531
二、登高作业	532
第五节 焊接劳动卫生与防护	533
一、焊接有害因素对人体的危害	534
二、劳动防护	537
附录	539
附表 A 普通碳素结构钢的化学成分 (GB700—88)	539
附表 B 普通碳素结构钢的力学性能 (GB700—88)	540
附表 C 普通碳素结构钢的冷弯角 (GB700—88)	541
附表 D 优质碳素结构钢热轧厚钢板和宽钢带的 牌号和化学成分 (GB711—88)	542
附表 E 优质碳素结构钢热轧厚钢板和宽钢带的 力学性能 (GB711—88)	544
附表 F 常用低合金结构钢的化学成分 (GB1591—88)	545
附表 G 常用低合金结构钢的力学性能 (GB1591—88)	547
主要参考文献	550

第一章 锅炉压力容器基础知识

第一节 锅炉基础知识

锅炉是一种生产热水或蒸汽的设备，它把燃料的化学能经过燃烧变为热能来加热水或使水转变成蒸汽（饱和或过热的），从而作为动力或热力使用。锅炉广泛应用于电力、交通、化工、石油、轻工、机械等工业部门，也可作为取暖设备。

一、锅炉的结构

锅炉是由锅和炉两大部分组成的。炉是燃烧燃料的部分，小型内燃式锅炉的燃烧室为炉胆（火管）；而大型锅炉的燃烧室及部分烟道由耐火砖砌成的炉墙所组成。锅是吸收燃烧热，将水变成热水或蒸汽的受压部分。

根据锅炉结构的不同，主要分为锅壳式锅炉（原称火管锅炉）和水管锅炉两种。

锅壳式锅炉的结构是属于“水包火”，高温火焰、烟气在炉胆和烟管中流动，以辐射和对流传热的方式将水加热而产生蒸汽。锅壳式锅炉的结构如图 1-1 所示。

水管锅炉的结构是“火包水”，水和汽在锅筒和水管中作循环流动，吸收外部热量，火焰和烟气在管外空间冲刷、放热。水管锅炉的结构如图 1-2 所示。

另外，还有一类水火管锅炉，它是在锅壳式锅炉和水管锅炉基础上设计制成的，是一种带水冷壁的卧式外燃快装锅炉。

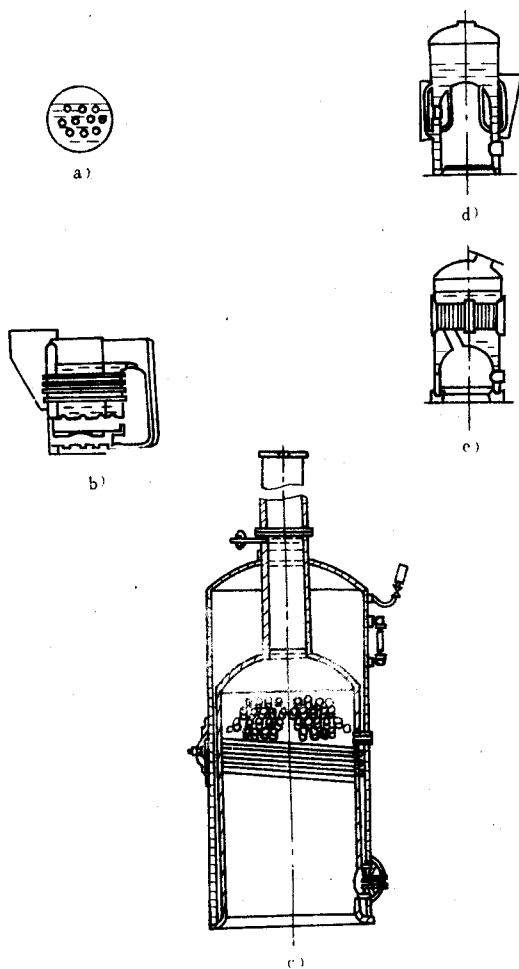


图 1-1 锅壳式锅炉结构类型图

- a) 烟管锅炉 b) 烟锅壳式锅炉 c) 立式横水管锅炉
 d) 立式弯水管锅炉 e) 立式直水管锅炉